

生物接触酸化法による汚濁原水の処理機構に関する研究

著者	金 玄烈
号	1337
発行年	1990
URL	http://hdl.handle.net/10097/6610

氏 名	Kim 金	Hyeon 玄	Ysoul 烈
授 与 学 位	工 学 博 士		
学位授与年月日	平成 3 年 3 月 28 日		
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項		
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻		
学 位 論 文 題 目	生物接触酸化法による汚濁原水の処理機構に 関する研究		
指 導 教 官	東北大学教授 佐藤 敦久		
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 佐藤 敦久	東北大学教授 須藤 隆一	
	東北大学教授 野池 達也		

論 文 内 容 要 旨

今までの汚濁水道原水に対する生物処理の研究は、オゾン・活性炭を中心とした物理化学吸着プロセスに遅れをとっている事実は否めない。しかも、これまでの研究は河川の自乗作用の応用に端を発し、現在に至るまで処理槽中に接触材をいれ、汚濁原水を導入し曝気攪拌するだけの処理法であり、そこから得られた成果も目新しいものではない。また基本的なところは下水の生物処理と同じと考えられていることが報告文の端々から伺える。しかし、原水質の多様性や季節性を考えても、又いくつか報告されている低水温時の優れた除去性を見ても、下水処理の低濃度版という考え方が必ずしも適用しないであろうと予測される。また、近年、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素が好気条件下でも除去される可能性が報告され、従来では正論となり得なかった E260 発現成分の減少が確認されるに至り、生物処理が本来持ち合わせている生物易分解性有機物除去能、アンモニア性窒素除去能、好気条件下での金属イオン除去能の高さに加え、その潜在的な浄化能力を見直す時期にきていると感じざるを得ない。生物処理は難分解性有機物除去以外の広い範囲の汚濁原水浄化に対応すること、また特に水道事業の特徴が浄水だけでなく給・配水までの広い範囲に対応していることを考え合わせれば、生物処理がこれまでも得意としていた水質浄化の全体への寄与の大きいことに加え潜在的な可能性を引き出すことで、これまでの位置付けが変わってくるであろう。その為には、これまでの欠点を補うだけでなく脱窒能や E260 発現成分減少能力も合わせもつ新しい生物処理の開発研究は非常に有意義な試みと考えられる。

本研究は、従来の生物処理の欠点とされてきたろ材閉塞や目詰まりを逆洗以外の方法で防止する

だけでなく、さらに脱窒能、E260 発現成分減少能を含め、高いレベルで有機物除去、アンモニア性窒素除去能を維持できる接触材を動かす可動式生物接触酸化法の開発とこの新しい生物処理システムの浄水場へ直接導入の可能性、及び生物処理の処理機能を支える生物膜中の微生物相について検討を加えたもので全編6章よりなる。

第1章「総論」では本研究の背景、目的、意義及び概要について述べている。

第2章「生物接触酸化法に関する既往の研究」では生物接触酸化法の定義及び分類に対して、また生物接触酸化法の長・短所、生物学的特徴および基質除去特性に対して検討を加えた。さらに主に下水処理の分野での生物接触酸化処理施設の生物膜中生物相について概説している。

第3章「付着生物膜の生物相及び水質との関係」では手賀沼湖水を用いた生物接触酸化実験から生物膜量と生物膜中の生物相を年間を通して観察し、汚濁湖沼水を用いた生物接触酸化施設の生物膜を構成する微生物を明らかにするとともに生物膜中の硝化細菌、脱窒細菌の存在及びそれらの細菌のもつ除去能について検討した。その結果生物膜量は初期には直線的に増加し生物膜量が安定するまでにほぼ10日を要し、その後一定量を維持する。また曝気を止めると生物膜量が増加することを確認した。(強熱減量/生物膜量)は全期間中0.3~0.4を保ち、強熱減量は生物膜量と同じ傾向を示した。霞ヶ浦湖水を用いた処理実験から接触材を動かすと生物膜量が多く付着し、また、浮遊物質の除去能も高いことがわかった。生物膜中に見られる藻類は、原水中の藍藻類あるいは緑藻類濃度が高いときに限りこれらが多く現われ、それ以外には微小動物に捕食されにくい珪藻類だけが常に観察された。生物膜中では原生動物が一番多く観察され、廃水処理における生物相と同様繊毛虫類が優占種であった。微小後生動物は初期には輪虫類だけであったが、時間の経過と共に貧毛類等多様の生物が現れ、総個体数では原水動物の約半分であった。処理槽中の硝化細菌、脱窒細菌のもつ硝化能、脱窒能は最適条件下で0次反応であることが示された。

第4章「浄水処理としての生物接触酸化処理の特徴」では生物処理についての特徴をパイロットプラント実験を中心に考察を加えた。その結果生物膜と浮遊物質による二つの浄化能が処理槽内で働いていることと、生物膜は薄く密な微生物に支えられるもの程優れた浄化能を示すことが確認された。アンモニア性窒素の硝化及び藻類に対しては通水後ごく短い時間内に除去能が発現するのに対し、従属栄養細菌による浄化機能の発現にはその4~5倍の期間を要することがわかった。また印旛沼湖水を用いた実験でのSS除去能は夏期が大きく以下春期、冬期の順番になっている事が分かり、すでに報告されている結果と異なる傾向を示した。処理に及ぼす流れの影響は流れの穏やかな間欠曝気方式の方が流れの速い全面曝気方式より冬期及び春期において優れていることがわかった。アンモニア性窒素除去においては冬期及び春期には安定した除去能が示され、また時間の経過とともに除去率は上昇する傾向を示した。しかし、夏期には、除去率は不安定で負の除去さえ示したこともあった。このことから、アンモニア性窒素除去能の水温依存性は殆ど見られなかった。伊豆沼湖水を用いた実験では原水のみを処理槽の中に入れて行なった回分実験から生物膜系とほぼ変わらないアンモニア性窒素除去能を発揮し、また生物膜系では認められなかったNO₃-Nの除去もわずかではあるが認められた。また、光による影響を調べるため霧ヶ浦湖水を用い、遮光した回分実験系で水質除去能を調べた結果、湖水中のSSの分解しない範囲内(今回の実験では3日)では

SS による浄化能は極めて大きく、窒素系では有機物系よりも、暗条件下では明条件下よりも大きな除去能を示す事が分かった。SS による浄化能は浮遊微小細菌による浄化能と同じ傾向を示すことから、微小細菌が SS 系浄化能の重要な要因として示唆された。生物膜表面の loose な部分を脱落させた系及び生物膜を殆ど脱落させた系でも硝化能は認められたがその除去速度は小さいことから、硝化能は生物膜の表層部ほど大きいことが分かった。DOC 除去においては、生物膜系では殆ど除去能は見られなかったが、生物膜表面の loose な部分を脱落させた系では少しではあるが除去能が認められ、殆ど脱落させた系では除去速度が最も大きく、生物処理では除去できないとされていた難分解性有機物の除去の可能性が示された。

第 5 章「可動形接触材支持方式の生物処理特性に関する研究」では第 4 章の結果をふまえ、新しい生物処理方式を評価するとともに、パイロットプラントによって浄水場などへの直接応用の可能性について検討した。まず、霞ヶ浦湖水を用いたベンチスケール実験によって接触材を動かす事で処理効率が改善できることがわかった。処理効率の中でもアンモニア性窒素除去をはじめとする窒素系への改善効果が大きく、炭素系への改善効果は窒素系に比べると小さいこと、また接触材を動かすことによる除去率の向上の内訳として溶存態を経て生物膜内の代謝によって除去される割合が大きくなり、相対的に SS と共に付着、沈澱して除去される割合は小さくなっていくことが示された。接触材を動かす方式による処理は SS による溶存物質浄化機能を積極的に引き上げるというよりも、生物膜の人為的なコントロールによる高い溶存物質浄化能を引き出す処理であることがわかった。霞ヶ浦湖水を用いたベンチスケール実験によって脱窒反応が実験期間中を通して確認でき、手賀沼湖水を用いたパイロットプラント実験から $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率は高濃度域では 80~100%、低濃度域ではそれより 10% くらい減るがそれほど影響はないこと、亜硝酸細菌及び硝酸細菌は実験開始後約 2 週間位で落ち着き、短時間にその除去能を発揮するのが示された。曝気を行なう高 DO 濃度域では $\text{NO}_x\text{-N}$ の除去能はあまり認められなかったが、曝気を止めた低 DO 濃度域では 40~70% を示し、DO 濃度との強い相関を示した。また、脱窒細菌は実験期間中殆ど一定で除去率との関係は見あたらなかった。BOD、E260 発現成分、DOC の同時除去の最適な溶存酸素濃度の領域はその下限が約 3 mg/l あたりであることが、また水温にほとんど影響を受けないことが示唆された。一方 TOC では、BOD、DOC、E260 発現成分に比べ、除去特性が溶存酸素濃度の影響を受ける傾向は明らかでなかった。これらのことから処理槽中の SS は処理槽流入後の早い段階でなるべく減少、除去されている方が浄水処理には望ましいことが示された。水域の直接浄化を目的とするような処理であれば、窒素除去の重要性から SS の働きの寄与分を大きくするような方向で、また浄水の高度処理を目的とする時には、流入側ではなるべく SS 除去率を低く、原水からくる SS の浄化能を生かし、逆に流出側では付着生物膜への依存度を高めるような設計方針が、全体的にバランスのよい効率の優れた処理を可能にするものと考えられる。そのような知見に基づけば、付着微生物相に多様性を持たせるための多段階処理は、浄水を対象とした汚濁原水の生物処理では有効な方法であると推察される。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた結果を要約している。

審 査 結 果 の 要 旨

従来の生物処理の欠点として、ろ材閉塞や目詰まり及び有機物質や窒素除去能の不安定性などが挙げられる。本論文はこれらの欠点を是正するため接触材を動かす可動式生物接触酸化装置を考案し、この装置による有機物質や窒素の除去性能を検討したもので、全編6章よりなる。

第1章は総論で、本研究の背景と目的について述べている。

第2章は既往の研究を整理し、生物接触酸化法に関する原理、長短所、生物学的特徴及び基質除去特性について説明している。

第3章は、付着生物膜の生物相及び水質との関係について検討したものである。生物膜中に現れる生物を詳細に同定し、その結果藻類をはじめ原生動物及び微小後生動物など多くの種類と個体が存在し、従来の廃水処理に見られる生物相とほとんど変わらないことを見出すとともに、生物膜中の硝化細菌、脱窒細菌のもつ硝化能、脱窒能を明らかにしている。これらは有用な知見である。

第4章は、生物接触酸化処理の機構を解明するために、パイロットプラント実験を中心にして検討を加えたものである。その結果生物膜と浮遊物質による2つの浄性能が処理槽内で同時に働いていること、また生物膜は薄くかつ密な微生物に支えられるものほど優れた浄化能を示すことなど検証している。これらは極めて重要な知見である。

第5章は浄水プロセスへの導入の観点から、可動式生物接触酸化装置の処理特性を明確にするために行われたものである。接触材を動かすことにより除去効果は向上し除去能の安定性は増加する、本方式により低DO濃度域及び低温期でも $\text{NH}_4\text{-N}$ は90%以上、 $\text{NO}_x\text{-N}$ は40~70%の除去率を示す等窒素系への改善効果は著しく大きい、一方炭素系に対してはそれほど大きくないが難分解成分がわずかながら除去される、処理装置中のSSはできる限り早い段階で減少させることが有利である、など多くの有用な知見を得、汚濁原水対策のために浄水プロセスへの導入の可能性があることを示唆している。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、汚濁原水を対象にした生物接触酸化法について、まず生物膜中の生物相を明らかにするとともに、可動式の装置が窒素や有機物質に対し除去性の向上と処理性能の安定化を可能にする方式であることを検証したもので、衛生工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。